

Fig. 1. Effect of carbon content on the creep rupture strength of Cr-Mo-V steel.

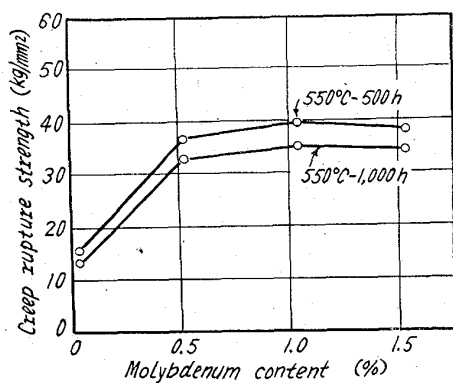


Fig. 2. Effect of molybdenum content on the creep rupture strength of a Cr-Mo-V steel.

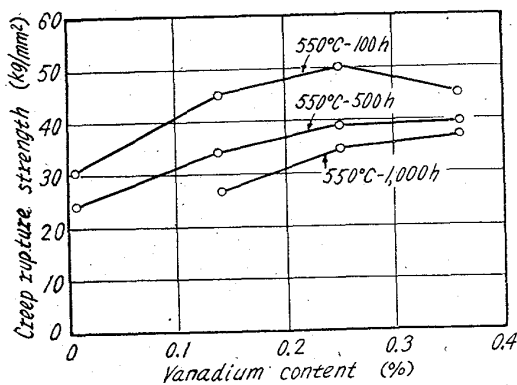


Fig. 3. Effect of vanadium content on the creep rupture strength of Cr-Mo-V steel.

したもので、本実験の範囲ではC含量の少ない方が明らかに良好なクリープ破断強度を示している。Fig. 2はMoの影響を示したもので、この種の鋼においてはMo量が0.5%以上になるとクリープ破断強度にはほとんど差がなくなる。Fig. 3はVの影響を示したもので、V量が増すにつれて材料のクリープ破断強度は漸次高まる傾向がみられている。クリープ強度におよぼすVの効果は、 V_4C_3 あるいはVCの生成によるとされているが、

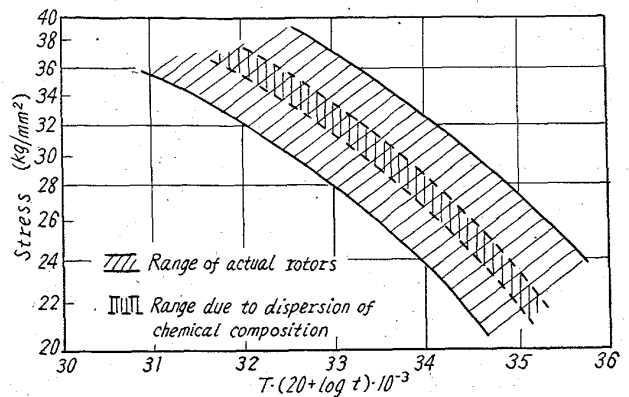


Fig. 4. Dispersion of master rupture curves.
T: Test temperature, °R t: Time to rupture, h

本実験の場合、炭化物のX線回折の結果では存在する炭化物は全て Fe_3C 型であることが確認されているので、このクリープ破断強度の増加の原因は明らかではない。Ni量の影響は、Niが0.1%~0.56%の範囲ではあまり大きな差が認められなかったが、Ni量が少ない方がクリープ破断強度が若干高い結果が得られた。Fig. 4は、この実験の結果に基づいて、実際の軸材の成分のばらつきによつてもたらされるクリープ破断強度のばらつきの範囲を実際の軸材のばらつきの範囲と比較したものである。この図から、成分のばらつきによつてもたらされるクリープ破断強度のばらつきの範囲は、全体の約1/4を占めることが判る。

IV. 結 言

Cr-Mo-V鋼のC, Mo, VおよびNi量を変えて、クリープ破断強度のばらつきにおよぼすこれら成分の影響を調べたが、最も影響する成分はCおよびVであり、MoおよびNiは、軸材の成分範囲では影響が小さいことが判つた。また、成分のばらつきによるクリープ破断強度のばらつきの範囲は全体の約1/4を占めることが判つた。

文 献

- 1) 渡辺, 本間, 熊田: 鉄と鋼, 47 (1961) 10, p. 1475
- 2) 熊田, 本間, 渡辺: 鉄と鋼, 48 (1962) 4, p. 595

669.14.018.44-462:669.15'262'28-194
621.181.8.021:539.4.016.3:539.434
(164) 2.25% Cr-1% Mo ボイラ用鋼管

の熱処理とクリープ破断強度について

63164
日本鋼管技術研究所 595~597
○耳野 亨・梅沢 義信

Influence of Heat Treatment on Creep Rupture Properties of 2.25% Chromium-1% Molybdenum Steel for Boilers.

Toru MIMINO and Yosinobu UMEZAWA.

I. 結 言

2.25% Cr-1% Mo 鋼のクリープ特性におよぼす熱処

理条件あるいはマイクロ組織の影響についてはかなり多くの研究報告があり、これらの影響がある程度明らかにされている。しかしながら、例えば最適の熱処理条件に対する見解は研究者によつて異つており、十分に解明されたとはいえないようである。そこで筆者らも熱処理条件をさうとう広範囲に変えて、また比較的多数の試料について、熱処理方法およびそれに伴つて生じる組織の差がクリープ破断強度におよぼす影響について試験した。この問題を解明するにはまだ数多くの、とくに長時間の試験を積み重ねる必要があるが、筆者らの試験結果もその一部に寄与し得るものと考えるので、つぎにこれまでに得られた結果を報告する。

II. 供試材

供試材はすべて塩基性電気炉で溶製し、試験に供したのは 11 溶解である。その成分範囲は C 0.08~0.13, Si 0.23~0.40, Mn 0.39~0.49, P 0.010~0.016, S 0.005~0.013, Cr 2.10~2.39, Mo 0.93~1.06% である。1 溶解(符号 B)は分塊圧延した鋼片を素材とし、それから鍛造後試験に供したが、残りの 10 溶解は鋼管に圧延後、種々の熱処理を行なつて試験片を採取した。供試鋼管の寸法は 50.8×11.1, 76.3×9.5, 50.8×6.3, 42.7×6.0mm などである。

11 溶解中とくに 2 溶解(符号 A, B)については、熱処理条件を広範囲に変えて試験を行なつた。すなわちオーステナイト化後冷却速度を 6 段階に変えた焼鈍(試料 B-1, -2, A-3, -4, -5, B-6 冷却速度はそれぞれ 200, 100, 90, 75, 60, 25°C/h), および焼準、焼戻処理(B-10, -11, A-12, B-13. 焼戻温度はそれぞれ 650, 700, 710, 750°C)の 10 種類である。残りの 9 溶解については冷却速度を 90, 60, 15°C/h のいずれか、または 2 種類に変えた焼鈍、あるいは恒温焼鈍(730°C×2.5h)を組み合わせて行なつた。

III. 供試材の顕微鏡組織

焼鈍時の冷却速度を変えた試料は連続冷却変態曲線のそれぞれの冷却曲線に対応し、異なつた組織を呈している。例えば 100°C/h で冷却した試料は初析フェライト(75%) + パーライト + ベーナイト + マルテンサイト組織を呈し、ベーナイト + マルテンサイトの量は約 13% である。フェライト地と粒界には少量の炭化物を析出している。60°C/h で冷却するとベーナイト + マルテンサイトは約 2.5% に減少し、炭化物の析出はややいじめるようになる。25°C/h で冷却した試料はパーライト段階で変態を完了し、フェライト + パーライト + 炭化物の組織を呈している。

恒温焼鈍を行なつた試料も 25°C/h と同様フェライト + パーライト + 炭化物組織であるが、25°C/h で冷却したものよりもやや粗い層状パーライトを示している。炭化物の析出は 25°C/h で冷却した試料と同様に極めていじめるしい。

IV. クリープ破断試験結果

A, B 両溶解の焼鈍試料について、クリープ破断試験

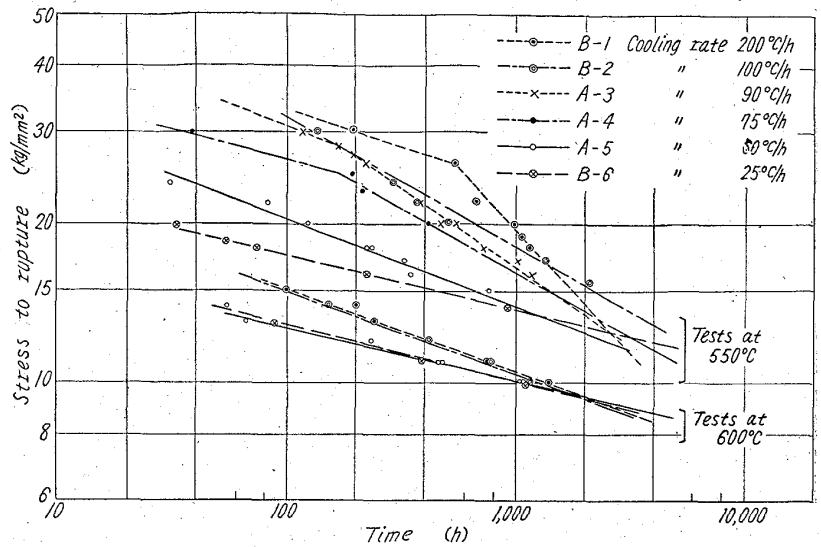


Fig. 1. Stress-to-rupture data (Heat-treatment: annealing).

の結果を Fig. 1 に示す。試験片の平行部径はいずれも 10mm である。

550°C での試験結果を応力-破断時間線図にプロットすると、Fig. 1 のように、冷却速度の早い試料は測定値にバラつきが多く直線を引き難いが、冷却速度の早い試料程高い試験応力に対する破断時間は長く、短時間のクリープ破断強度は高い値を示している。ところが試験応力を低くしてゆくと、冷却速度の遅いもの程破断時間の増加がいじめるしく、Fig. 1 の直線の傾斜はゆるやかになる。長時間のクリープ破断強度は 25°C/h で冷却した試料 B-6 が最も良好な値を示すことがうかがわれる。600°C での試験結果は 550°C 程いじめるしい差を示さないが、冷却速度の早い試料 B-1, B-2 はやはり直線の傾斜は急であり、冷却速度の遅い試料 A-5, B-6 はゆるやかな傾斜を示している。

Fig. 2 には焼準・焼戻処理を行なつた試料のクリープ破断試験結果を示した。焼準・焼戻処理では焼戻温度の影響が顕著に認められる。650°C で焼戻した試料 B-10 を除いて、700~750°C で焼戻した試料は直線の傾斜にもいじめるしい差はなく、焼戻温度が高くなる程

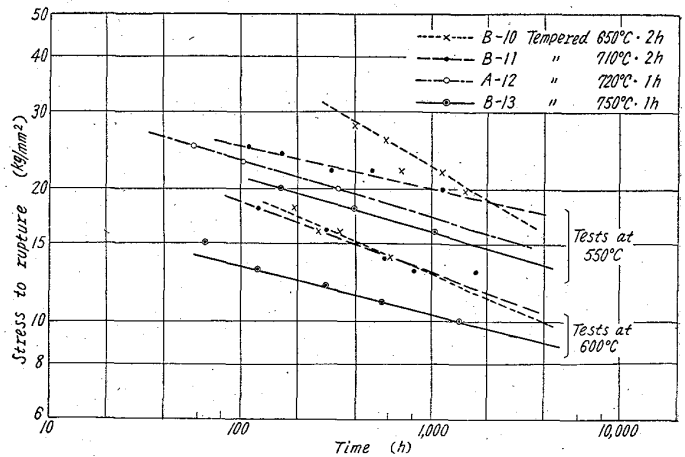


Fig. 2. Stress-to-rupture data (Heat-treatment: normalizing & tempering).

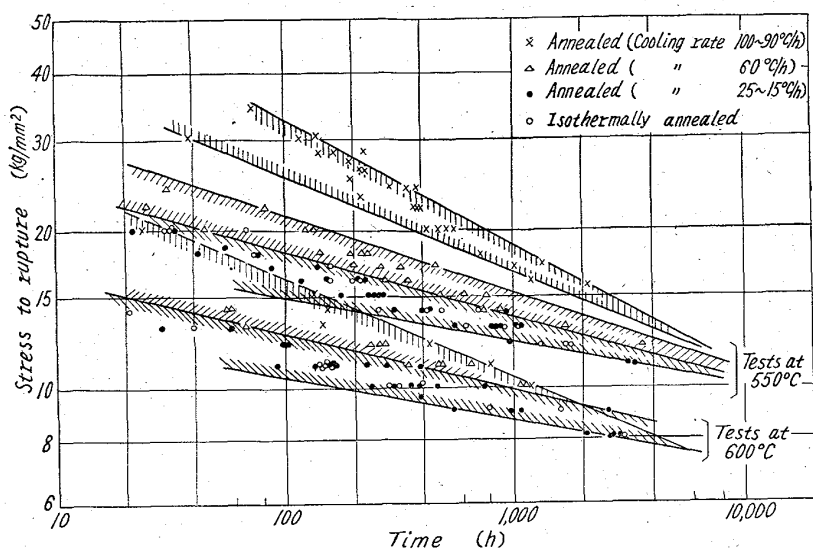


Fig. 3. Summary of stress-to-rupture data.

低い破断強度を示す。しかし 750°C で焼戻した試料 B-13 も非常に良好な値である。なおこの場合も焼戻温度の低い試料は測定値がバラつき、焼戻温度が高い程良好な直線関係が得られるようである。

Fig. 3 には残りの溶解について試験した結果を、(1) 冷却速度 25~15°C/h および恒温焼鈍、(2) 60°C/h、(3) 75~100°C/h の 3 グループに分け、まとめてプロットした。試験片はすべて鋼管より採取し、平行部径は 10, 8, 6 および 4mm を用いた。試料個数は試験温度 550°C についてはそれぞれ (1) 8+5, (2) 3, (3) 5, 600°C については (1) 7+5, (2) 3, (3) 3 である。これらの結果は Fig. 1 について述べた結果をさらに明瞭にし、さらに 550°C おける 1,000h 以下の破断強度はパーライト変態域の冷却速度によつて定まることが明らかに認められる。

また 25~15°C/h で冷却した試料と恒温焼鈍を行な

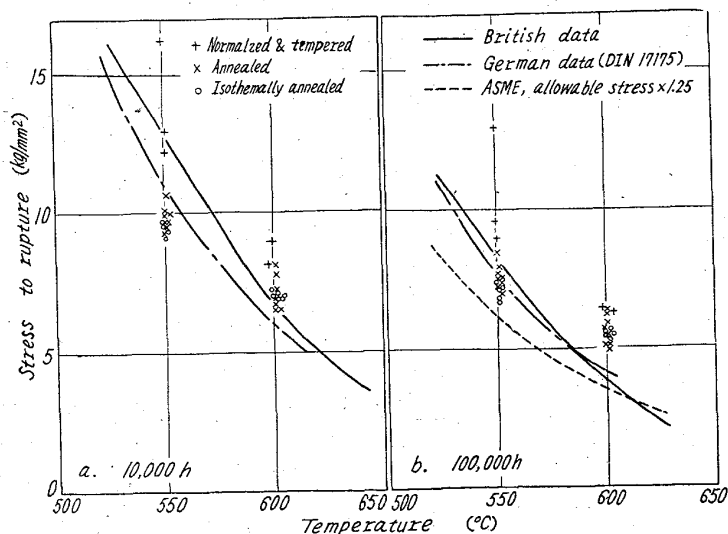


Fig. 4. Comparison of British & German data (mean values) and ASME, allowable stress values.

つた試料の結果とは差がなく、非常に狭い分散範囲に含まれている。

V. 諸外国データとの比較

Fig. 4 に焼鈍試料 (冷却速度 25~15°C/h, および恒温焼鈍) および焼準・焼戻処理 (焼戻温度 700~750°C) の 10,000h および 100,000h の外挿値をイギリスおよびドイツの値と比較した。

焼準・焼戻を行なつた供試材はいずれもイギリスあるいはドイツの平均値よりも高い値を示している。焼鈍試料の 10,000h 値は 550°C では低いが、600°C ではイギリスの平均値を超えている。100,000h の外挿値は 550°C ではドイツの平均値に匹敵しており、600°C では非常に良好な値を示している。また値はいずれも ASME の許容応力を充力に充たしている。

VI. 結 言

2.25% Cr-1% Mo 鋼の熱処理について以上に述べた試験結果から、25~15°C/h で冷却するかあるいは恒温焼鈍によつて、ベーナイト・マルテンサイトを含まない組織を得るように熱処理を行なうことが望ましく、少なくとも 60°C/h 以上の冷却速度は採るべきでないと考えられる。焼準・焼戻処理では焼戻温度を 700°C 以上 750°C 程度とすることが好ましいようである。

文 献

- J. D. MURRAY, J. BLAIR, G. G. FOSTER, H. W. KIRKBY, J. BLACKHURST: J. Iron & Steel Inst. (U. K.), (1959) p. 354~359
- 高尾・西原・平野・山本: 材料試験, 9 (1960) 77, p. 69~76
- 寺井・阿部: 材料試験, 9 (1960) p. 77~81 など

669,14,018,44:669,15,26-
194,57:539,434:669,26:669,184
(165) フェライト系耐熱鋼の Cr

および C の影響 63165

東京大学工学部 工博○藤 田 利 夫
日立金属工業 笹 倉 利 彦
東京大学工学部 岳 野 洋 允

Effect of Chromium and Carbon on Ferritic Heat-Resisting Steel. 597~599

Dr. Toshio FUJITA, Toshihiko SASAKURA and Yōsuke TAKENO.

I. 結 言

フェライト系耐熱鋼は主として 1~3% Cr 系耐熱鋼と 12% Cr 耐熱鋼が使用されている。著者らは十数年前より 12% Cr 耐熱鋼を研究しているが、12% Cr 系では合金元素を適当に添加しないと δ フェライトが現われるため製造が困難である。したがってできるだけ Cr 量を減少させ、しかも多少合金元素量を多く添加しても δ フェライトが出ないようにしたいと考え、12% Cr 耐熱鋼の合金元素量を一